



19 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 07 145 A 1**

(51) Int. Cl.⁷:
B 29 C 47/40
B 29 C 47/60
B 29 B 7/48
B 29 C 45/60

① Aktenzeichen: 102 07 145.4
② Anmeldetag: 20. 2. 2002
③ Offenlegungstag: 4. 9. 2003

⑦ Anmelder:

(7) Vertreter:
Haft, von Puttkamer, Berngruber, Czybulka,
Karakatsanis, 81669 München

⑦2) Erfinder:
gleich Anmelder

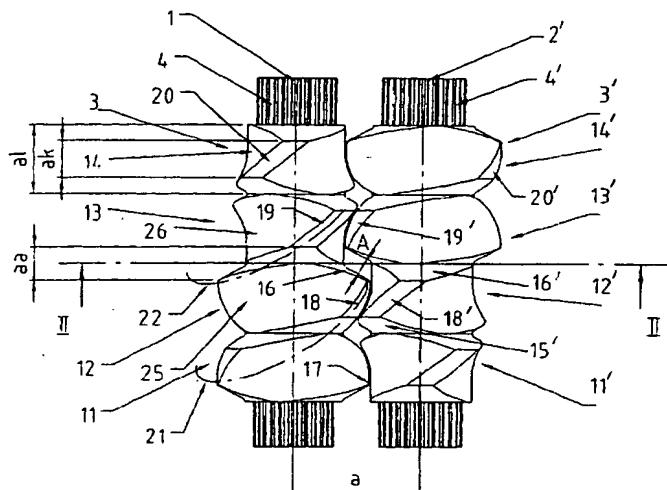
⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 31 34 479 A1
EP 07 88 867 B1
F. Hensen, (Hrsg.): Handb. der Kunststoffextrusions-
technik, Bd. 1, S. 319-323; .

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zum Dispergieren und Aufschmelzen fließfähiger Stoffe

57 Eine Vorrichtung zum Dispergieren und Aufschmelzen fließfähiger Stoffe weist achsparallele, gleichsinnig drehbare Tragwellen (1, 2) auf, auf die Schneckeenelemente (3, 3') gleicher Steigungsrichtung verdrehssicher aufgesteckt sind, mit denen die Wellen kämmend ineinander greifen. Die Schneckeenelemente (3, 3') bestehen aus Schneckenabschnitten (11, 12, 13, 14 bzw. 11', 12', 13', 14'), die unter Bildung von Stirnflächen (15, 16; 15', 16') mit gleichem Drehsinn fortschreitend zueinander winkelversetzt angeordnet sind.



DE 102 07 145 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Dispergieren und Aufschnelzen fließfähiger Stoffe nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

5 [0002] Bei derartigen Vorrichtungen werden neben Schneckeenelementen Knetblöcke und dergleichen Bearbeitungs-elemente auf die Tragwellen gesteckt, um ein Optimum der Antriebsenergie in Knet- und Mischleistung umzusetzen.

[0003] Um den Kunststoff bei der Verarbeitung möglichst gleichmäßig entlang der Schnecke zu verteilen ist, aus DE 31 34 479 A1 ein Schneckenextruder bekannt, bei dem eine dreigängige Schnecke in Scheiben aufgeteilt wird, die fortschreitend gegeneinander winkelversetzt auf die Tragwelle aufgesteckt werden. Die dadurch gebildeten Stirnflächen 10 an den Scheiben müssen in halber Höhe mit zentrischen Absätzen versehen werden, damit sich die betreffenden Stirnseiten bei Schneckendrehung frei aneinander vorbei bewegen können.

[0004] Die dreigängige Schneckenmaschine ist aufgrund der geometrischen Zusammenhänge nur bis zu einem maximalen Verhältnis von Schneckenaußendurchmesser zu Schneckenkerndurchmesser von kleiner als 1,3661 ausführbar. Dabei ist sowohl die stirnseitig wirksame Schneckenfläche als auch die Fläche der Ineinandergrifzone relativ klein, 15 sodass die verfahrenstechnische Wirksamkeit praktisch unbedeutend wird.

[0005] Durch die zahlreichen Scheiben weist die bekannte Vorrichtung zudem einen erheblichen Fertigungsaufwand auf. Vor allem aber führen die vielen möglichen Winkelpositionen der Scheiben beim Aufstecken leicht zu Fehlern, insbesondere, wenn mehrere Schnecken gleich aufgesteckt werden müssen. Auch wird durch die Scheiben die Biegefestigkeit 20 der Schneckenwelle zur Übertragung radialer Kräfte spürbar herabgesetzt, was den partiellen Verschleiß und die Bruchgefährdung erhöht.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Schneckenmaschine bereit zu stellen, die wie eine herkömmliche Schneckenmaschine mit Schneckeenelementen bestückbar ist, jedoch unter optimaler Umsetzung ihrer Antriebsenergie zu einer optimalen Homogenisierung führt.

[0007] Dies wird erfahrungsgemäß mit der im Anspruch 1 gekennzeichneten Vorrichtung erreicht. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung wiedergegeben.

[0008] Nach der Erfindung werden auf die als Keilwellen ausgebildeten Tragwellen ein- oder zweigängige Schneckeenelemente normaler Länge aufgesteckt. Die Länge des Verfahrensteils der Vorrichtung entspricht dabei mindestens dem Zehnfachen des Außendurchmessers der Schneckeenelemente. Die Drehzahl der Wellen ist mindestens 100 Umdrehungen pro Minute.

30 [0009] Im Gegensatz zu einem normalen Schneckenextruder mit Schneckeenelementen mit durchgehenden Schnecken-gängen ist jedoch zumindest ein Teil der Schneckeenelemente der erfahrungsgemäßen Vorrichtung durch ein- oder zweigängige Schneckeenelemente gebildet, die aus Abschnitten bestehen, die mit gleichem Drehsinn fortschreitend gegeneinander verdreht sind. Dadurch wird an beiden Seiten jedes Abschnitts eine der Gangzahl entsprechende Anzahl von Stirnflächen gebildet, durch die der zu bearbeitende Stoff in seinem Fluss längs der Schubkante des Schneckenkanals gestört 35 und aufgespalten wird, wodurch sich eine innige Durchmischung ergibt.

[0010] Beim Dispergieren von Feststoffen in einer viskosen Matrix ist es bisher nicht gelungen, die Teilchen und Agglomerate optimal zu zerteilen. Einer der Gründe dafür liegt in einem übermäßigen partiellen Druckaufbau, der zwar zu einem hohen Energieeintrag mit entsprechender Temperaturerhöhung führt, jedoch eine ungenügende Agglomeratzerteilung bringt.

40 [0011] Feststoffe im μ -Bereich, wie z. B. Farbstoffe, die in einer Flüssigkeit Agglomerate bilden müssen, werden durch eine Strömung aufgrund von Druckdifferenzen auseinander gerissen, um sie zu zerteilen. Mit der erfahrungsgemäßen Vorrichtung werden im Gegensatz zu den bekannten Schneckenextruder mit Knetblöcken und dergleichen Dehnströmungen erzeugt, die auf diese Agglomerate ohne wesentliche Temperaturerhöhung einwirken. Damit wird erfahrungsgemäß der unproduktive Energieanteil erheblich herabgesetzt.

45 [0012] Erfahrungsgemäß sind die fördernden ein- und/oder zweigängigen Schneckengänge der Schneckenabschnitte des Schneckeenelements relativ kurz ausgeführt. Das heißt, der Schneckenkanal jedes Schneckenabschnitts ist lediglich ein Bruchteil der Gangsteigung. Der axiale Abstand des Schneckenkanals jedes Schneckenabschnitts ist dabei vorzugsweise nicht größer als die Schneckengangtiefe. Die axialen Längen der Schneckenkämme der Schneckenabschnitte jedes Schneckeenelements können dabei auch unterschiedlich ausgebildet sein.

50 [0013] Durch die fortschreitend gegeneinander im gleichen Drehsinn winkelversetzten Schneckenabschnitte jedes Schneckeenelements werden treppenartig winkelversetzte Stirnflächen gebildet.

[0014] Der Winkelversatz der Schneckenabschnitte jedes Schneckeenelements wiederholt sich vorzugsweise maximal nach zwei Dritteln der Gangsteigung.

55 [0015] Durch die ein- oder zweigängige Ausführung der Schneckeenelemente werden verhältnismäßig große, wirksame Stirnflächen erhalten.

DE 102 07 145 A 1

Stand der Technik Erfindungsgemäße Ausführung

Achsabstand	a	25 mm	25	25	25	25
Schneckenaußen DM	D	28,3 mm	28,3	28,3	30	30
Schneckenkern DM	d	21,2 mm	21,2	21,2	19,5	19,5
Gangzahl		3	2	1	2	1
D:d		1,3349	1,335	1,335	1,539	1,539
Ineinandergreiffläche (8)		32,9	32,9	32,9	60,46	60,46
Wirksame Stirnfläche (16)		168	204	240	271	339

[0016] Die Rechnung zeigt, dass eine zweigängige Schnecke gegenüber einer dreigängigen gleicher Größe 21% und die eingängige mehr als 42% größere wirksame Stirnfläche bei sonst gleichen Maßen hat. Wird bei konstantem Achsabstand der Außendurchmesser von 28,3 auf 30 mm erhöht, erreicht man sogar nahezu eine Verdoppelung der entscheidenden Werte (16) und (8).

[0017] Die Wirksamkeit der Stirnflächen hängt außerdem von dem Winkel ab, mit dem die Schneckenabschnitte eines Schneckenelements gegenüber einander versetzt sind. Dieser Versatzwinkel wird vorzugsweise möglichst groß gewählt, d. h. er beträgt beispielsweise bei eingängigen Schneckenabschnitten etwa 180° und bei zweigängigen Schneckenabschnitten etwa 90°.

[0018] Die Stirnflächen werden zusätzlich benetzt und damit als Dispergierflächen gewonnen. Zudem hängt die Wirksamkeit des Homogenisierungs- und Dispergierungsvorgangs von dem Abstand ab, den die Stirnflächen der Schneckenabschnitte der einen Welle von den benachbarten Stirnflächen der Schneckenelemente der anderen Welle in der Ineinandergreifzone der beiden Schneckenwellen der Schneckenmaschine einnehmen. Mit wachsendem Abstand der Stirnflächen vergrößert sich nämlich der frei radiale Fließquerschnitt, wodurch das Schergefälle in der Ineinandergreifzone kleiner wird. Da die Fließrichtungen in der Ineinandergreifzone vollkommen anders verlaufen als außerhalb der Ineinandergreifzone wird das Produkt durch ein Dehnen und Stauchen in der Ineinandergreifzone mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung hoch wirksamen Homogenisierungs- und Dispergierungsvorgängen unterworfen. Entscheidend für das gute Dispergierergebnis, das mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erreicht wird, ist jedoch, dass durch die vielfache Folge von freiem Fließen, axialer Förderung im Schneckengang und in der Ineinandergreifzone, das ohne Viskositätserniedrigung erfolgen kann, die Bruchflächen des zerteilten Agglomerats benetzt werden, bevor wieder eine Kraft auf das Agglomerat wirksam wird, um es weiter zu zerteilen.

[0019] Schneckenelemente, die auf Tragwellen aufgesteckt werden, können zur Kraftübertragung und Positionierung mit nur einem Keil ausgerüstet sein. In diesem Fall kann die axiale Länge eines Schneckenabschnitts eines zweigängigen Schneckenelements ein ganzes Vielfaches der halben Gangsteigung betragen. Das heißt, bei einer Gangsteigung von beispielsweise 30 mm kann die axiale Länge eines Schneckenabschnitts 15 mm oder ein Vielfaches davon sein. Moderne Tragwellen sind zur besseren Kraftübertragung jedoch mit einer Keilverzahnung mit einer Vielzahl von Zähnen, beispielsweise 24 Zähnen, ausgeführt. In diesem Fall kann die axiale Länge eines Schneckenabschnitts eines eingängigen Schneckenelements ein 24stel der Gangsteigung betragen, d. h. bei einer Gangsteigung von z. B. 30 mm kann die axiale Länge eines Schneckenabschnitts 1,25 mm oder ein Vielfaches davon betragen. Das heißt, die axiale Länge eines Schneckenabschnitts ergibt sich vorzugsweise aus der Formel: Gangsteigung dividiert durch das Produkt aus Gangzahl und Zahl der Zähne der Keilverzahnung, oder ein Vielfaches davon.

[0020] Es ist ersichtlich, dass mit einer niedrigen Gangzahl und/oder einer hohen Zähnezahl der Keilverzahnung kürzere Schneckenabschnitte gebildet werden können. Vorzugsweise wiederholt sich der Winkelversatz der Schneckenabschnitte jedes Schneckenelements jedoch maximal nach drei Viertel der Gangsteigung.

[0021] Das Schneckenelement kann jedoch auch einen oder mehrere Schneckenabschnitte aufweisen, deren axiale Länge der Länge einer Gangsteigung entspricht oder größer ist. Die axiale Länge der Schneckenkämme der Schneckenabschnitte eines Schneckenelements kann also unterschiedlich ausgebildet sein. Vorzugsweise ist die Gangsteigung der Schneckenabschnitte des Schneckenelements gleich oder größer als der Schneckenaußendurchmesser. Der Versatzwinkel zwischen den benachbarten Schneckenabschnitten eines Schneckenelements kann für alle Schneckenabschnitte gleich sein oder es können unterschiedliche Versatzwinkel verwendet werden.

[0022] Die erfindungsgemäße Schneckenmaschine fördert Feststoffe drucklos axial um eine Gangsteigung bei einer Umdrehung des Schneckenelements, während viskose Stoffe maximal um eine halbe Gangsteigung bei einer Umdrehung des Schneckenelements gefördert werden. Das Förderverhalten der Schneckenelemente der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist also entscheidend von der inneren Reibung der geförderten Stoffe, bei viskosen Stoffen, also von deren Viskosität, abhängig.

[0023] Durch den Winkelversatz des nachfolgenden Schneckenabschnitts gegenüber dem vorangegangenen Schneckenabschnitt entsteht im freien Schneckengang eine freie Stirnseite, welche zu einer wesentlichen Änderung der axialen Stoffströmung führt.

[0024] Das heißt, der Stoff wird durch diese Stirnflächen zuerst axial gestaut und wieder beschleunigt oder gedehnt, im wesentlichen in die neue radiale Drehrichtung der Schneckenwellen. Dem Zusammenwirken Schnecke/Gehäuse folgt in Umfangsrichtung in der Ineinandergreifzone das Zusammenwirken von der betrachteten Schnecke mit der Gegenschnecke, das im wesentlichen ohne Gehäuseeinfluss stattfindet und durch eine starke Materialbeschleunigung gekennzeichnet ist. Gleichzeitig erfolgt teils ein spitzes Umlenken des Materialstromes und ein Gegeneinander-Vorbeigleiten der freien Stirnflächen der beteiligten Schnecken, was wiederum zu vielfältigen intensiven Dehn- und Schervorgängen

DE 102 07 145 A 1

führt. Wichtig ist, dass dabei wiederum der gesamte Materialstrom und nicht nur eine partielle Zone beteiligt ist.

[0025] Um die Wirksamkeit zu erhöhen und die Vorgänge zu wiederholen, weisen die erfundungsgemäßen Schnecken-elemente jeweils mindestens drei Schneckenabschnitte auf.

5 [0026] Ein Winkelversatz von Schneckenabschnitt zu Schneckenabschnitt des Schneckenelements um etwa den halben Gangwinkel wird bevorzugt, da dadurch Stirnflächen mit großer Oberfläche entstehen, also große benetzbare Oberflächen, um die größtmögliche Wirkung zu erreichen.

[0027] Gleichmäßige Öffnungsquerschnitte der Schneckenelemente senkrecht zur Drehachse im radialen Schnecken-spiel können zudem zu einer gleichmäßigen Stromverteilung auf die einzelnen Gänge bei zweigängigen Schnecken führen.

10 [0028] Zugleich ist das erfundungsgemäße Schneckenelement wie ein herkömmliches Schneckenelement auf die Trag-welle problemlos aufsteckbar.

[0029] Um in der Ineinandergreifzone einen möglichst effektiven Energieeintrag durch Dehnen und Scheren zu errei-chen, sind die Stirnflächen der Schneckenelemente der einen Welle von den benachbarten Stirnflächen der Schnecken-elemente der anderen Welle in der Ineinandergreifzone der beiden Schneckenwellen im Abstand voneinander angeord-net. Dazu sind die Stirnflächen der Schneckenabschnitte vorzugsweise als zur Drehachse koaxiale Kegelflächenab-schnitte ausgebildet, wobei die Kegelflächenabschnitte der beiden Stirnflächen eines Schneckenabschnitts auf einem Doppelkegel mit einer gemeinsamen Basis liegen bzw. die einander gegenüberliegenden Stirnflächen benachbarter Schneckenabschnitte auf einem Doppelkegel mit einer gemeinsamen Achse. Der Kegelwinkel, also der Winkel zwischen der Drehachse und der Kegelfläche, in der die Stirnfläche liegt, beträgt vorzugsweise mindestens 50°, insbesondere zwis-chen 60 und 80°.

[0030] Die erfundungsgemäße Vorrichtung weist mindestens zwei ineinander kämmende Schneckenwellen auf, kann jedoch auch mehr ineinander greifende Schneckenwellen besitzen, beispielsweise mehrere in einem Raum in einem Ge-häuse längs eines Kreises mit gleichem Zentriwinkelabstand angeordnete Wellen gemäß EP 0788867 B1.

[0031] Nachstehend ist die Erfindung anhand der Zeichnung beispielhaft näher erläutert. Darin zeigen:

25 [0032] Fig. 1 eine Seitenansicht von zwei miteinander kämmenden Schneckenelementen; und

[0033] Fig. 2 einen Querschnitt entlang der Linie II-II nach Fig. 1 durch die in einem Gehäuse angeordneten Schne-kenlemente.

[0034] Danach werden zwei achsparallele Tragwellen 1, 2 entsprechend der Pfeile A, A' gleichsinnig von einem (nicht dargestellten) Getriebe angetrieben. Auf jeder Tragwelle 1, 2 sind mehrere Schneckenelemente gesteckt, wobei nur ein Schnecken-element 3, 3' auf jeder Tragwelle 1, 2 dargestellt ist.

[0035] Zur drehfesten Verbindung der Schnecken-elemente 3, 3' sind die Tragwellen 1, 2 mit einer Keilverzahnung mit einer Vielzahl von Leisten oder Zähnen 4, 4' versehen, die in eine entsprechende Anzahl von Längsnuten 5, 5' in der Boh-rung des die Keilnabe bildenden Kerns der Schnecken-elemente 3, 3' eingreifen.

[0036] In dem Gehäuse 6 sind zwei Bohrungen 7, 7' vorgesehen, die die Wellen 1, 2 mit den Schnecken-elementen 3, 3' aufnehmen. Die Bohrungen 7, 7' schneiden sich im Querschnitt, sodass die Schnecken-elemente 3, 3' in der Zone 8 kämmend ineinander greifen.

[0037] Die Schnecken-elemente 3, 3', die einstückig sind, also jeweils nur aus einem Teil bestehen, weisen jeweils Schneckenabschnitte 11, 12, 13, 14 bzw. 11', 12', 13', 14' auf. Die Schneckenabschnitte 11, 12, 13, 14 bzw. 11', 12', 13', 14' jedes Schnecken-elements 3, 3' sind um den gleichen Winkel im gleichen Drehsinn fortschreitend zueinander winkel-versetzt.

[0038] Jeder Schneckenabschnitt 11, 12, ... weist damit eine vordere und eine hintere Stirnfläche 15, 16 bzw. 15', 16' auf. Die Schneckenabschnitte 11, 12, ... sind identisch. Das heißt, sie sind jeweils zweigängig und weisen den gleichen Gangsteigungswinkel sowie die gleiche axiale Länge auf.

[0039] Wie in Fig. 1 für das Schnecken-element 3 auf der Welle 1 dargestellt ist, verlaufen sie Schnecken-kämme 17, 18, 19, 20 jedes Schnecken-elements 3, 3' jedoch nicht entlang einer Schneckenlinie, sondern entlang zueinander parallel ver-laufender Schneckenlinien 21, 22,

[0040] Die axiale Länge al der zweigängigen Schneckenabschnitte 11, 12, ..., also der Winkelversatz der Schnecken-abschnitte 11, 12, ..., wiederholt sich nach jeweils dem gleichen Bruchteil der Gangsteigung.

[0041] Der axiale Abstand ak der Schnecken-kämme 21, 22, ... jedes Schneckenabschnitts 11, 12, ... ist nicht größer als die Schneckengangtiefe t.

[0042] Die Stirnflächen 15, 16, 15', 16' aller Schneckenabschnitte 11, 12, ... liegen auf zu den Wellen 1, 2 koaxialen Kegeln, wobei die beiden Stirnflächen 15, 16 bzw. 15', 16' eines Schneckenabschnitts 12, 11' auf einem Doppelkegel mit einer gemeinsamen Basis liegen. Der Kegelwinkel ist jeweils gleich und kann beispielsweise 70° betragen.

[0043] Die Oberfläche jedes Schneckenabschnitts 11, 12, ... setzt sich damit aus den beiden Stirnflächen 15, 16, ... , den beiden Kämmen 17, 18, ... und den Schneckenflächen 25, 26 zwischen den beiden Kämmen zusammen.

[0044] In der Ineinandergreifzone 8 weisen die Stirnflächen 15, 16, ... des Schnecken-elements 3 auf der Welle 1 von den benachbarten Stirnflächen des Schnecken-elements 3' auf der Welle 2 einen Abstand A auf.

Patentansprüche

60 1. Vorrichtung zum Dispergieren und Aufschmelzen flüssiger Stoffe mit wenigstens zwei achsparallelen, gleich-sinnig drehbaren Tragwellen, auf die Schnecken-elemente gleicher Steigungsrichtung verdrehsicher aufgesteckt sind, mit denen benachbarte Wellen kämmend ineinander greifen, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest bei ei-nem Paar ineinander greifenden Schnecken-elementen (3, 3') jedes Schnecken-elements (3, 3') aus Schneckenabschnitten (11, 12, 13, 14 bzw. 11', 12', 13', 14') besteht, die unter Bildung von Stirnflächen (15, 16; 15', 16') mit gleichem Drehsinn fortschreitend zueinander winkelversetzt angeordnet sind und ein- oder zweigängig ausgebildet sind.

65 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die axiale Länge (al) jedes Schneckenabschnitts (11, 12, ...) ein Bruchteil der Gangsteigung des Schneckenkamms (21, 22, ...; 21', 22', ...) jedes Schneckenab-

DE 102 07 145 A 1

schnitts (11, 12) ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die axiale Länge (al) jedes Schneckenabschnitts (11, 12, ...) höchstens zwei Drittel der Gangsteigung ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die axialen Längen (ak) der Schneckenkämme (21, 22, ...) der Schneckenabschnitte (11, 12, ...) jedes Schneckelements (3, 3') unterschiedlich sind.

5. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die benachbarten Schneckenabschnitte (11, 12, ...) eines Schneckelements (3, 3') unterschiedliche Versatzwinkel aufweisen.

6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gangsteigung der Schneckenabschnitte (11, 12, ...) gleich oder größer als der Schneckendurchmesser (D) ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stirnflächen (15, 16; 15', 16') der Schneckenabschnitte (11, 12, ...) auf zur Drehachse koaxiale Kegel bilden, wobei die Kegel, auf denen die Stirnflächen (15, 16; 15', 16') eines Schneckenabschnitts (11, 12, ...) liegen, mit gemeinsamer Basis und spiegelbildlich einen Doppelkegel bilden.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der axiale Abstand (ak) des Schneckenkamms (21, 22, ...) jedes Schneckenabschnitts (11, 12, ...) nicht größer ist als die Schneckengangtiefe ($t \times \text{tg}(90^\circ - \text{Kegelwinkel der Stirnfläche (15, 16, 15', 16')} \times 2)$ ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Kegelwinkel mindestens 50° beträgt.

10. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schneckelement (3, 3') wenigstens einen Schneckenabschnitt aufweist, dessen axiale Länge dem zweifachen Schneckendurchmesser entspricht.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

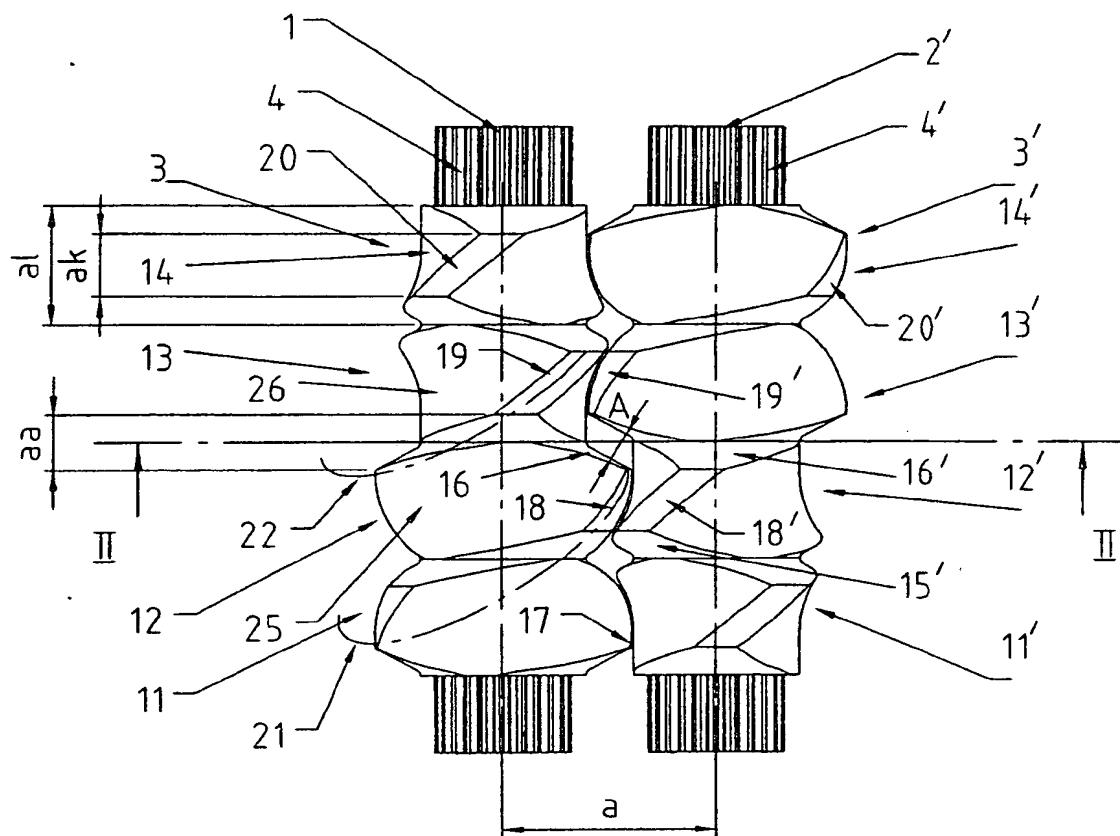


Fig. 2

